

上海 AEMS 中数据共享平台的设计与实现

董树锋¹, 何光宇¹, 梅生伟¹, 阮前途², 王 伟², 张王俊²

(1. 清华大学电机系电力系统国家重点实验室, 北京市 100084; 2. 上海市电力公司, 上海市 200122)

摘要: 结合电力系统的工程实践, 提出了数据共享平台的框架设计。数据共享平台的作用是为电力系统应用软件提供统一的接口获取数据, 并保证数据的访问与数据所在位置、平台和应用的无关性。数据共享平台的框架由逻辑接口层、接口实现层和数据读取层组成, 其中逻辑接口层为数据访问规定了统一的接口。该数据共享平台采用 Java 语言实现, 基于 IEC 61970 和 IEC 61968 标准定义的公共信息模型与外部系统进行数据交换, 具有跨平台、遵循国际标准、可扩展性强等技术特点。

关键词: 能量管理系统; 数据共享平台; 公共信息模型

中图分类号: TM764

0 引言

中国国家电网的各个管理层次上都建立了各种专业应用软件, 这些系统由不同时期的不同开发商所承建, 系统各自构建数据库, 由于缺乏统一规划、设计, 大量数据信息被重复录入、维护, 实际上形成了众多的“信息孤岛”。这一方面使得系统资源得不到充分利用, 日常维护量大, 另一方面难以保证数据的一致性、准确性和实时性。由于缺乏数据共享平台的支持, 数据访问不仅繁琐, 而且容易出错。更糟糕的是, 不同的数据使用者访问同样的数据时, 需要做同样的重复工作。

针对上述现状, 文献[1]提出了一种在电力调度中心分步建设统一数据平台的解决方案, 文献[2]介绍了利用面向对象设计方法实现数据层的集成方法, 文献[3]提出了一种利用集合及图论知识构建地区配电网统一数据平台的方法, 文献[4]提出了一个电力调度综合数据平台的参考体系结构。这些方案的提出为构建数据共享平台提供了有益的借鉴。

AEMS^[5] 是作者课题组开发的用混成自动控制^[6]来实现电力系统多重目标趋优控制的自动化系统。电力系统中原有的大部分应用软件, 如监控与数据采集(SCADA)/能量管理系统(EMS)、网络分析、设备检修计划等功能大多集中于计划、管理与分析方面; 而 AEMS 注重全系统的多目标趋优控制, 对数据访问的全面性、准确性、实时性、一致性等都

提出了更高的要求。为此, 提出了数据访问应与位置、平台、应用无关的要求, 即数据使用者只需提出需要使用什么数据, 而无需关心数据在哪里、由哪个应用产生、位于什么平台上、用什么机制获得、是否有缺失等问题。所有的这些要求都由数据共享平台来完成。

AEMS 数据共享平台的实现为数据访问提供了一组标准、统一和开放的接口。并且, 该平台不仅可以为 AEMS 服务, 也可以为电力系统中的其他应用系统提供服务, 这也为解决数字电力系统^[7]发展中存在的“信息孤岛”问题提供了新的思路和途径。该方案已在上海电网中应用。

1 AEMS 数据分类

AEMS 以实现多目标趋优控制(即同时保证电网运行的安全性、优质性和经济性)为目标, 包括自动电压控制(AVC)、自动发电控制(AGC)、自动低频振荡控制和自动安全稳定控制 4 个主要高级功能的子系统。因此, AEMS 数据共享平台应包括以下几部分数据:

1) 电网参数数据和网络拓扑数据。

2) 电网实时数据: 主要指 SCADA 系统中采集的量测数据。

3) 计划数据: 主要指电厂母线的电压计划和 AGC 机组的发电计划数据, 是电力系统实时控制系统计算指令时非常重要的参考数据。

4) 分析计算结果: 指状态估计、拓扑分析和潮流计算等电力系统基础计算的结果。

应该指出的是, 电网参数和网络拓扑数据一般存储在 EMS 数据库中, 但是各个厂家的 EMS 数据

收稿日期: 2007-11-03; 修回日期: 2008-02-04。

国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目(2004CB217903); 国家自然科学基金资助项目(50595411, 50377018)。

库设计不对外公开,也没有统一的标准。因此,直接从 EMS 数据库获取电网参数和网络拓扑数据并不可行。在 AEMS 数据共享平台中,通过公共信息模型(CIM)获取这部分数据。CIM 是国际电工委员会制定的一个关于电力数据共享的国际标准,该模型涵盖了包括电力元件、厂站等在内的电力分析控制中常用的各种对象。作为国际标准,CIM 已获得越来越多的 EMS 厂商的支持^[8-10]。

2 AEMS 数据共享平台的组成

AEMS 是一个基于面向服务架构(SOA)的分布式应用系统^[5],数据共享平台为 AEMS 中的众多进程提供数据。在这些进程中,服务进程运行在 Unix 操作系统环境下,人机界面运行在 Windows 或 Unix 操作系统环境下,另外,这些进程可能处于不同的安全分区中。数据共享平台旨在提供统一的数据访问接口,从而实现数据访问与位置、平台和应用无关。数据共享平台的框架如图 1 所示。

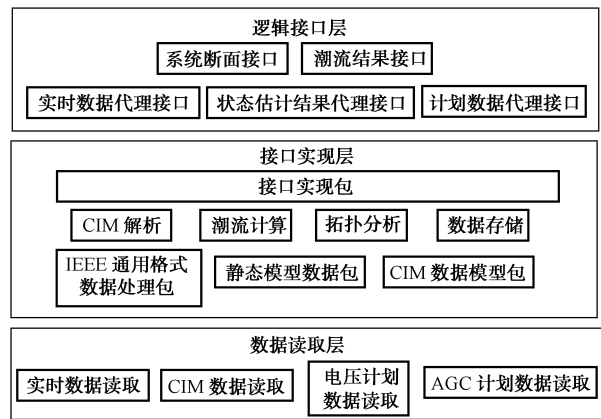


图 1 数据共享平台的组成框架
Fig.1 Framework of data sharing platform

逻辑接口层是数据访问的统一入口。将用于电力系统分析、控制的数据分门别类地划分为 5 类并抽象成接口,供其他程序本地调用或远程调用。

接口实现层负责从数据读取层获得数据后,进行 CIM 解析、拓扑分析和潮流计算,并以一定方式存储起来。

数据读取层负责将原始数据从 EMS 提供的可扩展置标语言(XML)格式的 CIM 文件、EMS 历史数据库、EMS 实时数据库以及其他系统的数据库中提取出来,并提供给接口实现层进行处理。

3 统一访问入口设计

在数据共享平台中,逻辑接口层是外部系统获取数据时唯一的访问入口,提供基于对象模型的数据

获取接口。外部系统通过调用逻辑接口层中的接口获得数据对象,而不是通过查询数据库获得数据。

以电网参数数据和网络拓扑数据为例,以下是 2 个方法的程序片断:

```
//找到某一个 ID 的设备
IdentifiedObject getResource(String id);
//找到某一个厂站的所有设备
Equipment [ ] getMemberOfStation(String stationID);
```

这 2 个方法中用到了 CIM 标准中定义的 IdentifiedObject 对象和 Equipment 对象。利用 CIM 标准定义的对象来传递数据,使外部系统和数据共享平台不会因为对原始数据理解不同而产生歧义,并且外部系统能够直接使用接口返回的对象。

值得一提的是,数据共享平台中用 CIM 文件直接进行拓扑分析,这个过程中记录了拓扑分析产生的逻辑母线、逻辑支路与真实设备之间的索引关系。数据共享平台提供的潮流结果采用 IEEE 通用格式,数据共享平台提供查询接口,通过使用索引关键字作为参数调用查询接口得到潮流结果中母线和支路对应的系统真实设备。

4 数据访问方式

数据共享平台采用 Java 语言编写,逻辑接口层中的接口都是继承了 Remote 接口的远程接口,可以被外部系统本地调用或者通过 Java RMI 远程调用。一般情况下,外部系统通过 Java RMI 调用逻辑接口层中的接口,外部系统与数据共享平台间的通信细节由 Java RMI 处理,对于程序员来说,远程方法调用与本地对象的方法调用语法相同。Java RMI 允许程序将纯 Java 对象作为参数或返回值在本地对象与远程对象之间传递,底层传输使用的协议是传输控制协议(TCP)。

由于外部系统和数据共享平台可能分布在不同的安全分区中,为保证两者之间的数据交互能够穿透安全分区之间的硬件隔离装置,必须在常规 Java RMI 基础上采取必要的技术措施。常规 Java RMI 采用随机端口在客户端与服务器之间建立 TCP 连接,而硬件隔离装置只允许开放特定端口,因此常规的 Java RMI 无法穿透硬件隔离装置。解决方法是继承 Java 中的抽象类 RMISocketFactory。RMISocketFactory 用于建立客户端与服务器之间的 Socket,通过继承该类并实现该类的 createSocket 和 createServerSocket 2 个方法,可以将用于 RMI 调用的 Socket 端口固定下来,程序片断如下:

```
public ServerSocket createServerSocket(int port)
throws IOException {
    port = specifiedPort; //使用固定端口
    return new ServerSocket(port);
}

public Socket createSocket(String host, int port)
throws IOException {
    clientSocket = new Socket(specifiedHost, port);
    return clientSocket;
}
```

5 数据同步

数据读取层定时读取数据,接口实现层也随之定时刷新内存中的数据,同时,多个外部系统在不时调用数据接口层中的接口以获得数据,因此存在多个进程同时对一份数据进行读写的可能性,这样会造成程序运行的不正确性。为解决这个问题,数据共享平台采取了如下措施:

1)对数据共享平台中的多个线程采用对象互斥锁,保证共享数据的完整性。每一个对象都对应一个称为互斥锁的标记,这个标记用来保证在任一时刻,只有一个线程访问该对象。Java 中的 synchronized 关键字用于表明对象与互斥锁的联系,对某一个对象用 synchronized 修饰时,表明该对象在任一时刻只能由一个线程访问。

2)在数据共享平台 Java RMI 服务进程中设置标志位,当某一共享数据被某一进程占用时,将该标志位置为 true,访问结束后将标志位置为 false。远程方法实现中必须在判断该标志位之后才能访问数据,如果标志位是 true 则等待。这样可以防止多个进程同时调用远程方法时发生冲突。

6 数据共享平台的运行效果

在实验室中对数据共享平台进行了测试,测试条件如下:

1)数据共享平台所在服务器配置:中央处理器(CPU)为 Pentium(R) 4,主频为 3 GHz,内存容量为 1 GB。

2)客户端在百兆局域网中通过 TCP/IP 从服务器中获取数据。

3)所用的 CIM 文件和 SCADA 实时数据是某实际电网的实测数据。

数据共享平台性能测试结果如下:CIM 文件大小为 15 411 kB;电力系统元件个数为 5 151 个;解析 CIM 文件所用时间为 10.021 s;拓扑分析所用时间为 0.156 s;潮流计算所用时间为 0.266 s;电网实

时测点数为 5 947 个;客户端获取所有实时数据所用时间为 0.094 s。

数据共享平台于 2007 年 4 月起在上海电网投入试运行,数据读取层每 5 s 更新一次实时数据,每 5 min 更新一次状态估计数据,在电网结构或参数发生变化时重新生成和解析描述 CIM 的 XML 文件。到目前为止,数据共享平台表现出良好的稳定性和可靠性。

参考文献

[1] 王晓波,樊纪元.电力调度中心统一数据平台的设计.电力系统自动化,2006,30(22):89-92.
WANG Xiaobo, FAN Jiyuan. Construction of common data platform in the power dispatcher center. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(22): 89-92.

[2] 陈艳.基于面向对象的数据平台设计.华东电力,2006,34(6):41-43.
CHEN Yan. Design of object-oriented data platform. East China Electric Power, 2006, 34(6): 41-43.

[3] 王海滨,鲍海.基于数字电力系统的地区配电网网络统一数据平台的研究.现代电力,2003,20(2):46-49.
WANG Haibin, BAO Hai. Research on uniform data platform of regional distribution network based on digital power system. Modern Electric Power, 2003, 20(2): 46-49.

[4] 林峰,胡牧,蒋文晨,等.电力调度综合数据平台体系结构及相关技术.电力系统自动化,2007,31(1):61-64.
LIN Feng, HU Mu, JIANG Yuanchen, et al. Architecture and related techniques of a power dispatching data platform. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(1): 61-64.

[5] 阮前途,何光宇,柳明,等.AEMS 及其在上海电网应用.电力系统自动化,2007,31(14):17-24.
RUAN Qiantu, HE Guangyu, LIU Ming, et al. AEMS and its applications to Shanghai Power Grid. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(14): 17-24.

[6] 王智涛,胡伟,夏德明,等.东北 500 kV 电网 HAVC 系统工程设计与实践.电力系统自动化,2005,29(17):1-4.
WANG Zhitao, HU Wei, XIA Deming, et al. Design and application of HAVC system in the 500 kV Power Grid of Northeast China. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(17): 1-4.

[7] 卢强.数字电力系统(DPS).电力系统自动化,2000,24(9):1-4.
LU Qiang. Digital power systems. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(9): 1-4.

[8] 张慎明,刘国定.IEC 61970 标准系列简介.电力系统自动化,2002,26(14):1-6.
ZHANG Shenming, LIU Guoding. Introduction of standard IEC 61970. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(14): 1-6.

[9] 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会 EMS-API 工作组.国内第 4 次 EMS-API 互操作实验介绍.电力系统自动化,2004,28(16):1-3.

[10] 邓显达,何光宇,陈颖,等.上海电网基于 Java 反射机制的 CIM

导入·电力系统自动化,2007,31(18);21-25.

DENG Xianda, HE Guangyu, CHEN Ying, et al. CIM lead-in based on Java reflection mechanism in AEMS of Shanghai Power Grid. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(18); 21-25.

董树锋(1982—),男,通信作者,博士研究生,主要研究

方向:电力系统优化和控制。E-mail: dongshufeng@gmail.com

何光宇(1972—),男,博士,副教授,主要研究方向:电力系统经济运行及优化理论在电力系统中的应用。

梅生伟(1964—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向:电力系统分析与控制。

Design and Realization of Data Sharing Platform in AEMS of Shanghai Power Grid

DONG Shufeng¹, HE Guangyu¹, MEI Shengwei¹, RUAN Qiantu², WANG Wei², ZHANG Wangjun²

(1. State Key Lab of Power Systems, Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Shanghai Power Grid Company, Shanghai 200122, China)

Abstract: Based on the practice in power systems, a design of architecture of a data sharing platform is proposed. The data sharing platform is used for providing uniform interfaces for data acquisition and ensures success of data acquisition no matter where the data is, what platform the data is on and what application the data is generated for. The data sharing platform is composed of a logical interface layer, an interface implementation layer and a data reading layer. The logical interface layer provides a set of interfaces for data acquisition. The data sharing platform is written in Java language and exchanges data with other systems based on common information model (CIM) defined by IEC 61970 and IEC 61968 standards. The platform is characterized by platform independence, compliance with international standards, and strong expansibility.

This work is supported by Special Fund of the National Basic Research Program of China (No. 2004CB217903) and National Natural Science Foundation of China (No. 50595411, 50377018).

Key words: energy management system (EMS); data sharing platform; common information model (CIM)

(上接第 10 页 continued from page 10)

[15] 贾宏杰,谢星星,余晓丹.考虑时滞影响的电力系统小扰动稳定域.电力系统自动化,2006,30(21);1-5.

JIA Hongjie, XIE Xingxing, YU Xiaodan. Power system small signal stability region with time delay considered. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(21); 1-5.

研究方向:电力系统安全与稳定性。E-mail: hjjia@tju.edu.cn

余晓丹(1973—),女,副教授,主要研究方向:电力系统安全性与稳定性及非线性电路分析理论。

贾宏杰(1973—),男,通信作者,教授,博士生导师,主要

Method of Determining Power System Delay Margins with Considering Two Practical Constraints

JIA Hongjie, YU Xiaodan

(Key Laboratory of Power System Simulation and Control of Ministry of Education,

Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Practical delay margin (PDM) is defined as the maximum time delay that system satisfies the following two constraints: real parts of all the eigenvalues are smaller than given values, and all the damping factors are larger than given values. A simple approach to determine PDM is presented. Critical eigenvalue and the corresponding PDM are determined by tracing eigenvalue locus of a complex matrix in a finite interval. Compared with linear matrix inequality (LMI) approach, the proposed method can identify the exact delay margin without any conservativeness and with a small computation burden. Single-machine infinite-bus and WSCC 3-generator-9-bus systems are employed to validate the effectiveness of the proposed method.

This work is supported by Special Fund of the National Basic Research Program of China (No. 2004CB217904), National Natural Science Foundation of China (No. 50595413, 50707019), Foundation for the Author of National Excellent Doctoral Dissertation of China (No. 200439), Program for New Century Excellent Talents in University, Fok Ying Tung Education Foundation (No. 104019) and Project of Tianjin Committee of Science and Technology (No. 06TXTJJC13700).

Key words: small signal stability; practical delay margin (PDM); time-delay system; power systems